

teknik

by Muhamad Yusa

Submission date: 07-Apr-2021 03:36PM (UTC+0700)

Submission ID: 1552632453

File name: TSS_ALFADHELLARIDWAN_1507121321_2019_JURNAL.pdf (544.07K)

Word count: 5074

Character count: 28598

IDENTIFIKASI STABILITAS LERENG TANAH LONGSOR MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Alfadella Ridwan¹, Muhardiz^{2*}, Muhammad Yusa³

^{1,2,3}Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jalan HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email: *alfadhella.ridwan@student.unri.ac.id (corresponding author), muhardi@eng.unri.ac.id,
m.yusa@eng.unri.ac.id

ABSTRAK

Tanah longsor merupakan salah satu bencana yang mempunyai tingkat kerusakan yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan identifikasi stabilitas lereng yang dimodelkan dengan menggunakan Metode Elemen Hingga yaitu program *Plaxis V.8.2*. Data yang digunakan berupa data dimensi lereng, data *properties material*, dan data *properties* perkuatan. Data – data ini kemudian digunakan sebagai data *input* dalam pemodelan. Pemodelan dilakukan pada kondisi sebelum perkuatan dan kondisi setelah perkuatan. Perkuatan yang diberikan pada lereng berupa perkuatan tiang pancang dan dinding penahan tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan sebelum perkuatan sebesar 1,19 dan nilai faktor keamanan setelah perkuatan sebesar 1,48. Hal ini membuktikan bahwa perkuatan tiang pancang dan dinding penahan tanah dapat meningkatkan nilai faktor keamanan lereng.

Kata Kunci: Tanah longsor, metode elemen hingga, faktor keamanan

ABSTRACT

Landslide is one of the disasters that has a high level of damage. This research aims to identify slope stability which was modeled by using a based finite element method software, i.e. Plaxis V.8.2. The data that were used are slope dimension, material properties, and reinforcement properties. These data were used as input in modeling. The slope was modeled in the condition before the reinforcement and after the reinforcement. The reinforcement was given on the slope by using piles and retaining wall. The results showed that the safety factor before reinforcement is 1,19 and after reinforcement is 1,48. This proves that the slope reinforcement was able to increase the safety factors.

Keywords: *Landslides, finite element method, safety factor*

1. PENDAHULUAN

Tanah longsor merupakan proses pergerakan material penyusun lereng meluncur ke arah kaki lereng karena kontrol gravitasi bumi. Tanah longsor juga disebabkan oleh curah hujan yang tinggi sehingga kandungan air dan beban dalam lapisan tanah bertambah. Tanah longsor sering menyebabkan kerusakan pada bangunan dan hilangnya nyawa manusia. Indikasi kelongsoran ditunjukkan dengan retakan – retakan pada dinding atau lereng. Retakan tanah atau batuan tersebut disebabkan oleh kondisi tanah atau batuan bersifat lempung (*clay*).

Permasalahan yang timbul dari bencana tanah longsor ini pun beraneka ragam. Namun, permasalahan yang paling mencolok adalah terkait jumlah korban jiwa serta lumpuhnya transportasi darat di sepanjang jalan yang tertimbun oleh tanah longsor tersebut.

Terputusnya jalur transportasi darat disamping merugikan masyarakat sekitarnya, juga merugikan masyarakat luar daerah yang sedang melakukan perjalanan dan melintas di area tersebut sehingga mengibatkan kerugian dari berbagai aspek, seperti aspek ekonomi dan sosial kemanusiaan.

Oleh sebab itu, penanggulangan tanah longsor sangatlah diperlukan. Salah satu penanggulangan yang dapat dilakukan berupa identifikasi zona rawan tanah longsor, yaitu analisis stabilitas lereng. Analisis stabilitas lereng dapat digunakan untuk mengevaluasi / memberi penilaian terkait tingkat kerawanan tanah longsor guna memberi peringatan dini tentang bahaya tanah longsor. Salah satunya adalah dengan Metode Elemen Hingga. Metode ini memungkinkan untuk melakukan pemodelan jenis – jenis struktur / bentuk geometri tertentu dan kondisi lapangan yang rumit menjadi bentuk yang lebih sederhana untuk dilakukan analisis lebih lanjut.

Salah satu *software* yang digunakan dengan menggunakan Metode Elemen Hingga adalah *Plaxis V.8.2*. *Plaxis V.8.2* merupakan salah satu program komputer analisis tanah yang menggunakan Metode Elemen Hingga dalam analisisnya. Bentuk lereng yang dimodelkan akan dianalisis dengan pendekatan elemen hingga berdasarkan parameter kekuatan tanah dan jenis perkuatan yang diberikan tanah tersebut.

Bencana tanah longsor sudah terjadi di KM 128, Kelurahan Muara Lembu, Kecamatan Singingi, Kabupaten Kuantan Singingi, Provinsi Riau. Tanah longsor ini menyebabkan putusnya jalur transportasi darat yang mana pada jalan tersebut merupakan jalan lintas dari Pekanbaru menuju ke Kuantan Singingi. Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) Provinsi Riau memberikan solusi untuk mengatasi tanah longsor dengan membangun perkuatan lereng berupa konstruksi jalan dengan tiang pancang dan konstruksi dinding penahan tanah dengan tiang pancang.

Berdasarkan permasalahan terkait tanah longsor, maka dilakukan penelitian tanah longsor mengenai identifikasi stabilitas lereng sebelum perkuatan dan setelah perkuatan dengan menggunakan Metode Elemen Hingga. Identifikasi stabilitas lereng dengan mengidentifikasi nilai faktor keamanan lereng dan bidang gelincir pada kondisi sebelum perkuatan dan kondisi setelah perkuatan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Tanah merupakan kumpulan dari benda alam di permukaan bumi yang tersusun dalam horizon – horizon, terdiri dari campuran bahan mineral, bahan organik, air dan udara. Tanah juga merupakan media untuk tumbuhnya tanaman. Tanah terbentuk karena adanya proses pelapukan batuan dan proses – proses geologi lainnya yang terjadi di permukaan bumi.

Menurut Budiman [1] proses pembentukan tanah secara kimia adalah proses hancurnya batuan karena perubahan kimia dari mineral – mineralnya yang dapat terjadi karena pengaruh oksigen, karbondioksida, air terutama yang mengandung asam dan alkali serta proses kimia lainnya misalnya dikarenakan kegiatan organisme.

2.2 Tanah Longsor

Menurut Varas [2] tanah longsor adalah perpindahan massa tanah, batuan, atau regolith pada arah tegak, mendatar, atau miring dari kedudukan semula. Secara umum, terjadinya tanah longsor pada suatu lereng diakibatkan oleh ketidak seimbangan antara beban dan tahanan kuat geser dari material penyusun lereng tersebut. Tanah longsor merupakan proses alamiah biasa, tetapi dengan masuknya unsur manusia dengan segala aktivitasnya maka nilainya dapat berubah menjadi bencana.

Beberapa pendapat mengenai faktor penyebab gerakan tanah seringkali hanya berlaku untuk suatu daerah tertentu saja dan tidak dijumpai di daerah lain, membedakan faktor penyebab yang datang dari luar dan yang datang dari dalam yang berhubungan dengan sifat fisik tanah/batuhan.

Menurut Budiman [3] disamping penyebab tersebut dipengaruhi juga oleh pembebanan yang berlebih, getaran dan goncangan, perubahan muka air tanah dan tumbuhan penutup pada lereng tersebut.

2.3 Bidang Gelincir

Bidang gelincir merupakan bidang yang bersifat menahan air mempunyai permeabilitas rendah, bersifat padat yang menyebabkan pelapukan tanah bergerak diatasnya. Ciri – ciri bidang gelincir menunjukkan bahwa longsor akan sering terjadi bila air masuk melalui batuan yang retak – retak dan batuan yang melewatkannya air. Bidang gelincir merupakan bidang yang bersifat menahan air, bersifat padat yang memungkinkan tanah hasil pelapukan bergerak diatasnya. Menurut Zulfiadi [4] terdapat empat kelas kedalaman bidang gelincir, yaitu sangat dangkal (<1,5 meter), dangkal (1,5 meter – 5 meter), dalam (5 meter – 20 meter), dan sangat dalam (>20 meter).

15

Menurut Dona [5] kedalaman bidang gelincir penting untuk diketahui karena dapat mengetahui seberapa besar resiko tanah longsor yang terjadi. Semakin dalam bidang gelincir, tingkat bahaya tanah longsor akan semakin besar. Sebaliknya semakin dangkal bidang gelincir, tingkat bahaya semakin kecil.

1

2.4 Analisis Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng didasarkan pada konsep keseimbangan batas plastik (*limit plastic equilibrium*). Adapun maksud analisis stabilitas adalah menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial.

Menurut Das [6] angka keamanan dapat dirumuskan sebagai

$$F_S = \frac{\tau_f}{\tau_d} \quad (1)$$

Penjelasan :

F_S = angka keamanan terhadap kekuatan tanah

τ_f = kuat geser rata – rata tanah

τ_d = kuat geser rata – rata yang bekerja sepanjang bidang longsor

Menurut Bowles [7] parameter untuk nilai keadaan aman stabilitas lereng adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Hubungan Nilai Faktor Keamanan (FK) Lereng dan Intensitas Tanah longsor

Nilai Faktor Keamanan	Kejadian / Intensitas Tanah Longsor
$F < 1.07$	Lereng dalam keadaan labil atau sering terjadi longsor
$1.07 < F < 1.25$	Lereng dalam keadaan kritis atau pernah terjadi longsor
$F > 1.25$	Lereng dalam keadaan stabil

2.5 Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga pertama kali diperkenalkan ke dalam ilmu geoteknik oleh Clough dan Woodward pada tahun 1967. Metode elemen hingga memberikan potensi besar untuk menangani permasalahan geoteknik karena kemampuannya untuk memodelkan perilaku ketegangan nonlinear tanah.

Menurut Rao [8] prosedur / langkah – langkah metode elemen hingga antara lain sebagai berikut :

1. Membagi model / geometri tertentu menjadi elemen diskrit. Proses ini disebut juga sebagai diskritisasi.
2. Memilih persamaan interpolasi yang sesuai dengan model yang digunakan. Persamaan ini dibutuhkan untuk menghasilkan hasil yang mendekati hasil sebenarnya, dan biasanya berwujud polinomial.
3. Menyelesaikan keseluruhan persamaan interpolasi untuk seluruh elemen yang telah dibagi.
4. Menyelesaikan perhitungan tegangan dan regangan. Perhitungan ini dibutuhkan khususnya untuk elemen yang bersifat struktural.

Program *Plaxis* merupakan salah satu program yang berbasis metode elemen hingga. Berdasarkan penelitian Krisnawan dan Yanuar [9], telah membuktikan bahwa program ini dapat digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng serta menyelesaikan permasalahan geoteknik yang terjadi.

2.6 Parameter Tanah

Dalam penggunaan Program *Plaxis*, dibutuhkan beberapa *input* parameter awal. Parameter – parameter ini berupa sifat – sifat fisis (*properties*) tanah, yakni sebagai berikut:

1. Berat volume tanah (γ)

Berat volume tanah merupakan rasio antara berat dan volume total contoh tanah termasuk volume ruang pori yang ada di dalamnya.

Nilai berat volume tanah pada penelitian ini didapatkan pada korelasi empiris antara nilai N – SPT dengan berat jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 2. Korelasi Empiris antara Nilai N – SPT dengan Unconfined Compressive Strength dan Berat Jenis Tanah Jenuh untuk Tanah Kohesif [10]

N-SPT (blows/ft)	Konsistensi	q_u (Unconfined Compressive Strength)	γ_{sat} kN/m ³
<2	Very Soft	<0.25	16 – 19
2 – 4	Soft	0.25 – 0.50	16 – 19
4 – 8	Medium	0.50 – 1.00	17 – 20
8 – 15	Stiff	1.00 – 2.00	19 – 22
15 – 30	Very Stiff	2.00 – 4.00	19 – 22
>30	Hard	>4.00	19 – 22

Tabel 3. Korelasi Empiris antara Nilai N – SPT dengan Unconfined Compressive Strength dan Berat Jenis Tanah Tidak Jenuh untuk Tanah Kohesif [11]

N-SPT (blows/ft)	Konsistensi	q_u (Unconfined Compressive Strength)	γ_{Unsat} kN/m ³
<4	Very Soft	<25	14 – 18
4 – 6	Soft	20 – 50	16 – 18
6 – 15	Medium	30 – 60	16 – 18
16 – 25	Stiff	40 – 200	16 – 20
>25	Hard	>100	>20

2.7 Permeabilitas (k)

Tanah merupakan susunan butiran padat dan pori – pori yang saling berhubungan satu sama lain dan memiliki rongga di antara butiran tersebut. Rongga ini akan diisi oleh air ataupun udara. Pergerakan air melalui rongga ini disebut dengan fenomena rembesan. Sedangkan permeabilitas adalah kemampuan tanah untuk meloloskan air dengan kecepatan tertentu. Kecepatan ini dinyatakan pula sebagai koefisien rembesan (k).

Nilai koefisien rembesan (k) pada penelitian ini didapatkan pada korelasi macam tanah dan koefisien rembesan (k). Dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Korelasi Macam Tanah dan Koefisien Rembesan (k) [12]

Pasir yang mengandung lempung	Koefisien Rembesan (k) (cm/detik)
Pasir yang mengandung lempung atau lanau	$10^{-2} – 5 \times 10^{-5}$
Pasir halus	$5 \times 10^{-2} – 10^{-3}$
Pasir kelanauan	$2 \times 10^{-3} – 10^{-4}$
Lanau	$5 \times 10^{-4} – 10^{-5}$
Lempung	$10^{-6} – 10^{-9}$

3. Modulus elastisitas tanah (E)

Modulus elastisitas tanah adalah perbandingan antara tegangan dan regangan tanah sewaktu menerima beban.

Nilai modulus elastisitas tanah dapat ditentukan berdasarkan jenis / macam tanah dapat dilihat pada Tabel 5 sebagai berikut.

12
Tabel 5. Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah [13]

Jenis Tanah	E (kN/m ²)
Lempung sangat lunak	300 – 3000
Lempung lunak	2000 – 4000
Lempung sedang	4500 – 9000
Lempung keras	7000 – 20000
Lempung berpasir	30000 – 42500
Pasir berlanau	5000 – 20000
Pasir tidak padat	10000 – 140000
Pasir padat	50000 – 100000
Pasir dan kerikil 6 lat	80000 – 200000
Pasir dan kerikil tidak padat	50000 – 140000
Lanau	2000 – 20000
Loess	15000 – 60000
Serpihan	140000 – 1400000

4. Poisson ratio (v)

Nilai *poisson ratio* ditentukan sebagai rasio kompresi poros terhadap regangan pemuaian lateral. Menurut Bowles [14] nilai *poisson ratio* dapat ditentukan berdasarkan jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 6. Nilai Perkiraan Poisson Ratio Tanah

Jenis Tanah	Poisson Ratio
Lempung jenuh	0.40 – 0.50
Lempung tidak jenuh	0.10 – 0.30
Lempung berpasir	0.20 – 0.30
Lanau	0.30 – 0.35
Pasir	0.10 – 1.00
Batuhan	0.10 – 0.40
Umum dipakai untuk tanah	0.30 – 0.40

5. Kohesi (c) dan Sudut geser dalam (ϕ)

Kohesi merupakan gaya tarik menarik antar partikel tanah. Sudut geser dalam adalah sudut yang dibentuk oleh hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser dalam material tanah atau batuan.

Nilai kohesi dan sudut geser dalam pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 7 sebagai berikut.

10
Tabel 7. Hubungan antara N – SPT, kohesi dan Sudut Geser pada Tanah Lempung [15]

N – SPT	C	ϕ
0 – 2	12.5	0
2 – 4	12.5 – 25	0
4 – 8	25 – 50	0
8 – 15	50 – 100	0
15 – 30	100 – 200	0
>30	>200	0

2.7 Parameter Struktur Perkerasan Lentur

Menurut Sukirman dan Silvia [16] lapisan pada perkerasan lentur berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Beban lalu lintas dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui bidang kontak roda kendaraan berupa beban terbagi rata. Beban tersebut diterima oleh lapisan permukaan dan disebarluaskan ke tanah dasar.

Lapisan konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapis permukaan, lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, dan tanah dasar. Pada kondisi sebelum perkuatan terdapat pemodelan struktur perkerasan lentur dan dibutuhkan beberapa *input* parameter awal di Program *Plaxis*, yakni sebagai berikut:

1. Berat jenis campuran laston (y)

Besarnya **18** ai berat jenis laston dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$G_{mm} = \frac{P_{nm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \quad (2)$$

Keterangan :

G_{mm} = berat jenis maksimum laston

P_{nm} = persen berat terhadap total campuran = 100

P_s = persen agregat terhadap total campuran

P_b = kadar aspal total, persen terhadap total campuran

G_{se} = berat jenis efektif agregat

G_b = berat jenis aspal

Nilai – nilai berat jenis agregat dan aspal untuk campuran laston dapat dilihat pada Tabel 8 sebagai berikut

Tabel 8. Persyaratan Agregat untuk Campuran Laston [17]

No	Bahan Laston	Jenis Pengujian	Persyaratan
1	18 Agregat kasar	Berat jenis bulk	2.5 gr/cm ³
		Berat jenis efektif	2.5 gr/cm ³
2	Agregat halus	Berat jenis bulk	2.5 gr/cm ³
		Berat jenis efektif	2.5 gr/cm ³
3	18 Bahan filler	Berat jenis bulk	2.5 gr/cm ³
		Berat jenis efektif	2.5 gr/cm ³
4	18 Aspal	Berat jenis	1.0 gr/cm ³
		Kadar aspal	4-7 %

2. Modulus elastisitas perkerasan lentur (E)

Modulus elastisitas adalah perbandingan antara tegangan dan regangan suatu benda.

Nilai modulus elastisitas perkerasan lentur pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10 sebagai berikut.

Tabel 9. Besaran Modulus Elastisitas Menurut Bina Marga [18]

Jenis Bahan	Modulus Tipikal (Mpa)
HRS – WC	800
HRS – BC	900
AC – WC	3.00
AC – BC	1200
AC – Base	1600
Bahan Bersemen CTB	500
Tanah Dasar	10 x Nilai CBR

Tabel 10. Besaran Modulus Elastisitas Menurut Bina Marga [19]

Kekuatan/ Index Properties	Model
California Bearing Ratio	MR (psi) = $2555 (\text{CBR})^{0.64}$ MR (Mpa) = $17.6 (\text{CBR})^{0.64}$
AASHTO layer coefficient	MR (psi) = $30.000 (\text{ai}/0.14)^3$ MR (Mpa) = $207 (\text{ai}/0.14)^3$
Stabilometer R-value	MR (psi) = $1155 + 555 \text{ R}$ MR (Mpa) = $8.0 + 3.8 \text{ R}$
Dynamic Cone Penetration	CBR = $292 / (\text{DCP} 1.12)$
Keterangan	CBR Agg. A = min 90% CBR Agg. B = min 65% CBR Agg. C = min 35%

3. Poisson ratio perkerasan lentur (v)

Nilai poisson ratio untuk setiap jenis bahan lapis perkerasan dapat dilihat pada Tabel 11 sebagai berikut.

Tabel 11. Nilai Poisson Ratio [20]

Jenis Bahan	Poisson Ratio
HRS – WC	
HRS – BC	
AC – WC	0.4
AC – BC	
AC – Base	
Bahan Bersemen CTB	0.2 (mulus) 0.35 (retak)
Tanah Dasar	0.45 (tanah kohesif) 0.35 (tanah non kohesif)

4. Ketebalan setiap lapis perkerasan

Ketebalan setiap lapisan diperlukan sebagai input dalam penyelesaian menggunakan program. Adapun untuk setiap tebal lapis perkerasan antara lain dapat dilihat pada Tabel 12 sebagai berikut.

Tabel 12. Ketebalan Lapis Perkerasan [21]

2	Bahan	Tebal yang diperlukan (mm)
HRS WC	Min. 30	
HRS Base	Min. 35	
AC – WC	Min. 40	
AC – BC	60 – 80	
AC – Base	75 – 120	
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 40 (gradasi dengan ukuran maks. 40 mm)	150 – 200	
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 30 (gradasi dengan ukuran maks. 30 mm) (disarankan)	120 – 150	
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 25 (gradasi dengan ukuran maks. 25 mm) (disarankan)	100 – 125	
Lapis Pondasi Agregat Kelas B (gradasi dengan ukuran maks. 50 mm)	200	
Lapis Pondasi Agregat Kelas B (gradasi dengan ukuran maks. 40 mm) (disarankan)	150 – 200	
CTB (gradasi dengan ukuran maks. 30 mm) atau LMC	150 – 200	
Stabilisasi tanah atau kerikil alam	150 – 200	
Kerikil alam	100 – 200	

2.8 Parameter Struktur Perkerasan Kaku

Pada kondisi setelah perkuatan terdapat pemodelan struktur perkerasan kaku dan dibutuhkan beberapa input parameter awal di Program *Plaxis*, yakni sebagai berikut:

1. Berat jenis beton (γ)

Untuk berat jenis beton dapat dilihat pada Tabel 13 sebagai berikut.

Tabel 13. Berat Jenis Beton [22]

Jenis Beton	Berat Jenis (g/cm ³)	Pemakaian
Beton sangat ringan	< 1.00	Non struktur
Beton ringan	1.00 – 2.00	Struktur ringan
Beton normal	2.30 – 2.40	Struktur
Beton berat	> 3.00	Perisai sinar X

2. Modulus elastisitas beton (E)

Dalam perhitungan struktur, modulus elastisitas beton dapat dihitung sebagai berikut.

$$Ec = 4700 \times \sqrt{fc'} \quad (3)$$

Keterangan :

Ec = modulus elastisitas beton (MPa)

Fc = kuat tekan beton (MPa)

3. Poisson ratio beton (v)

Menurut Gere dan Timoshenko [23] nilai poisson ratio untuk beton berkisar antara 0,10 – 0,20.

2.9 Perkuatan Lereng

Menurut Hardiyatmo [24] metode perkuatan dan perbaikan lereng dapat dilakukan dengan 3 metode:

1. Metode geometri, yaitu perbaikan lereng dengan cara mengubah geometri lereng.
2. Metode hidrologi, yaitu dengan cara menurunkan muka air tanah atau menurunkan kadar air tanah pada lereng.
3. Metode kimia dan mekanis, yaitu dengan cara *grouting* semen untuk menambah kuat geser tanah atau memasang bahan tertentu (tiang) di dalam tanah.

2.10 Beban Lalu Lintas dan Beban Saluran Beton

Menurut Kimpraswil [25] beban lalu lintas yang bekerja dapat dilihat berdasarkan fungsi jalan dan sistem jaringan jalan. dapat dilihat pada Tabel 14 sebagai berikut.

Tabel 14. Data Beban Lalu Lintas

Fungsi	Sistem Jaringan	Lalu Lintas Harian Rata – rata (LHR)	Beban Lalu Lintas (kN/m ²)
Primer	Arteri	Semua	15
	Kolektor	>10.000	15
		<10.000	12
		>20.000	15
Sekunder	Arteri	<20.000	12
	Kolektor	>6000	12
		<6.000	10
	Lokal	>500	10
		<500	10

Beban saluran beton merupakan beban air yang mengisi pada saluran beton. Adapun beban saluran beton dapat dihitung sebagai berikut.

$$Q_{air} = \gamma_{air} x H \quad (4)$$

Keterangan :

- Q_{air} = beban air (kN/m²)
 γ_{air} = berat jenis air (9,81 kN/m³)
 H = kedalaman air (m)

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi studi kasus dilaksanakan di KM 128, Kelurahan Muara Lembu, Kecamatan Singingi, Provinsi Riau. Tampak lereng dapat dilihat pada gambar dibawah ini sebagai berikut.



Gambar 1. Tampak Atas Lereng



Gambar 2. Tampak Depan Lereng



Gambar 3. Tampak Depan Lereng

3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahapan paling awal yang bertujuan untuk memperoleh gambaran masalah untuk diteiliti. Materi yang digunakan sebagai referensi berasal dari berbagai sumber, yaitu buku, jurnal nasional dan jurnal internasional yang berkaitan dengan bidang ilmu geoteknik, terutama mekanika tanah dan analisa kestabilan lereng. Dari hasil studi referensi, akan diperoleh rumusan masalah dan teknik pemecahan masalah tersebut

3.2.2 Survei Lapangan

Pemodelan dimensi lereng menggunakan gambar kerja dimensi lereng dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR). Meskipun dimensi lereng didapatkan dari gambar kerja, perlu dilakukan sebuah kegiatan survei guna mengamati keadaan asli lereng dan melakukan pengamatan visual untuk keadaan asli lereng dengan gambar kerja dimensi lereng.

19

3.2.3 Data Properties Material

Data *properties* tanah diperoleh dari korelasi dari data N-SPT yang telah dikoreksi menjadi N60 pada tanah longsor dari Dinas PUPR. Data struktur perkerasan lentur diperoleh dengan menggunakan standar yang ada berupa Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga.

Data struktur perkerasan kaku dan data perkuatan yang digunakan diperoleh dari gambar kerja dari Dinas PUPR.

3.2.4 Studi Aplikasi Geoteknik Plaxis

Langkah berikutnya adalah mempelajari program plaxis yang merupakan program utama dalam menyelesaikan penelitian ini. Pembelajaran ini mencakup kemampuan, cara kerja program, hingga menu perintah yang digunakan dalam program *plaxis* ini.

3.2.5 Input data dan Simulasi Numeris

Data dimensi lereng, data *properties* tanah, data perkerasan jalan dan perkuatan selanjutnya akan digunakan sebagai data *input* dalam program *plaxis*.

3.2.6 Pembahasan

Analisa kestabilan lereng dilakukan setelah perhitungan numeris, analisa kestabilan lereng dengan melihat besarnya faktor aman dan bidang gelincir pada kondisi sebelum perkuatan dan kondisi setelah perkuatan.

3.2.6 Kesimpulan

Sebagai tahap akhir dari penelitian, kesimpulan – kesimpulan yang terkait dengan proses pemodelan lereng beserta struktur perkuatannya dapat diambil sebagai informasi mengenai stabilitas lereng kondisi sebelum perkuatan dan kondisi setelah perkuatan.

3.2 Data Pemodelan Struktur

Data pemodelan struktur yang dimodelkan dapat dilihat pada Tabel 15 – Tabel 17 sebagai berikut

Tabel 15. Data Pemodelan Struktur Lentur

Properties	Struktur Perkerasan Lentur
Panjang Perkerasan (m)	16
Tebal AC – WC (m)	0,04
Tebal AC – BC (m)	0,06
Tebal AC – Base (m)	0,08
Tebal Lapis Pondasi Atas (m)	0,20
Tebal Lapis Pondasi Bawah (m)	0,15
Tinggi Saluran Beton (m)	2,2
Lebar Saluran Beton (m)	0,9
Beban Lalu Lintas (kNm ²)	15
Beban Saluran Drainase (kNm ²)	19,62

Tabel 16. Data Pemodelan Struktur Perkerasan Kaku

Properties	Struktur Perkerasan Kaku
Panjang Perkerasan (m)	16
Panjang Slab Beton (m)	11
Ketebalan Slab Beton (m)	0,3
Panjang Bahu Jalan (m)	2,5
Ketebalan Bahu Jalan (m)	0,2
Panjang Lantai Kerja (m)	2
Ketebalan Lantai Kerja (m)	0,075
Panjang Pile Cap (m)	11
Ketebalan Pile Cap (m)	0,4
Beban Lalu Lintas (kNm ²)	15
Beban Saluran Drainase (kNm ²)	19,62

Tabel 17. Data Pemodelan Struktur Retaining Wall

Properties	Retaining Wall
Panjang Retaining Wall (m)	2
Tinggi Retaining Wall (m)	2,8
Tebal Retaining Wall (m)	0,4

3.3 Data Properties Material

Data *properties* material yang digunakan sebagai *input* di *plaxis* dapat dilihat pada Tabel 18 – Tabel 22, sebagai berikut.

Tabel 18. Data Properties Tanah

Properties	L1	L2	L3	LA	LB
γ_{unsat} (kN/m ³)	18	18	21	20	18
γ_{sat} (kN/m ³)	19	19	22	22	22
k (m/day)	10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}
E (kN/m ²)	2a	300	7a	7a	7a
v	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
C (kN/m ²)	14	12,5	205	105	95
ϕ (°)	0	0	0	0	0

Keterangan :

L1 : Lapis 1, L2 : Lapis 2, L3 : Lapis 3

LA : Lapis Atas, LB : Lapis Bawah

a : 1×10^3

Pada Tabel 18 model material tanah yang digunakan *Mohr Coulomb* dan jenis material *Drained*. Untuk data *properties* struktur perkerasan lentur dan kaku menggunakan model material *Linear elastic* dan jenis material *Non – porous* seperti terlampir pada Tabel 19 dan Tabel 20 sebagai berikut.

Tabel 19. Data *Properties* Struktur Perkerasan Lentur

<i>Properties</i>	2 AC - WC	AC - BC	AC - Base	Lapis Pondasi Atas	Lapis Pondasi Bawah
Model Material	<i>Linear elastic</i>	20 <i>Linear elastic</i>	<i>Linear elastic</i>	<i>Linear elastic</i>	<i>Linear elastic</i>
Jenis Material	<i>Non - porous</i>	<i>Non - porous</i>	<i>Non - porous</i>	<i>Non - porous</i>	<i>Non - porous</i>
γ (kN/m ³)	23,25	23,25	23,25	23,25	23,25
E (kN/m ²)	1.100.000	1.200.000	1.600.000	313.493	254.552
v	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2

Tabel 20. Data *Properties* Struktur Perkerasan Kaku

<i>Properties</i>	Slab Beton (K-250)	Pile Cap (K-300)	Lantai Kerja (K-125)	Bahu Jalan (K-250)
Model Material	20 <i>Linear elastic</i>	<i>Linear elastic</i>	<i>Linear elastic</i>	<i>Linear elastic</i>
Jenis Material	<i>Non - porous</i>	<i>Non - porous</i>	<i>Non - porous</i>	<i>Non - porous</i>
γ (kN/m ³)	23,00	23,00	23,00	23,00
E (kN/m ²)	74.313.525	81.406.388	52.547.597	74.313.525
v	0,2	0,2	0,2	0,2

Tabel 21 . Data *Properties* Timbunan Pilihan [26]

<i>Properties</i>	Timbunan Pilihan
Model Material	<i>Mohr - Coulomb</i>
Jenis Material	<i>Drained</i>
γ_{unsat} (kN/m ³)	18
γ_{sat} (kN/m ³)	19
k (m/day)	0,001
E (kN/m ²)	10000
v	0,3
C (kN/m ²)	5
ϕ (°)	25

Tabel 22. Data *Properties* Perkuatan Tiang Beton

<i>Properties</i>	Tiang Pancang*	Tiang Pancang**
Model Material	<i>Anchors</i>	<i>Anchors</i>
Jenis Material	<i>Elastic</i>	<i>Elastic</i>
Diameter Tiang, B (m)	0,4	0,3
Luas Tiang, A (m ²)	0,045239	0,032673
K Tiang (MPa)	20,75	20,75
Elastisitas Tiang, E (kN/m ²)	21.409.519	21.409.519
EA Tiang (kN)	968.543,8	699.503,9
Lspacing (m)	2,5	2,5

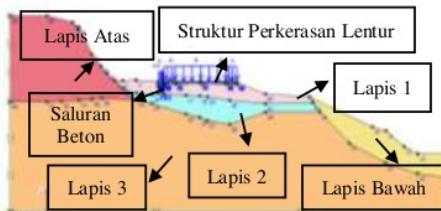
Keterangan:

*Untuk Jalan Rigid

**Untuk Dinding Penahan Tanah

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Sebelum Perkuatan

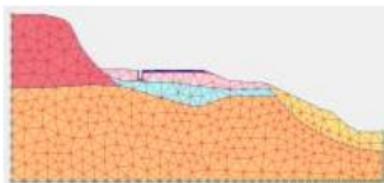


Gambar 4. Geometri Lereng Kondisi Sebelum Perkuatan

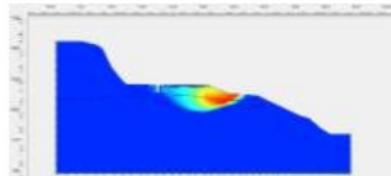
Pada Gambar 5 untuk tanah lapis 1 merupakan jenis tanah lempung lunak, tanah lapis 2 merupakan jenis tanah lempung sangat lunak, dan tanah lapis 3 merupakan jenis tanah lempung keras.

Untuk jenis tanah lapis lereng atas dan lereng bawah merupakan jenis tanah lempung keras.

Hasil *running* program *Plaxis V.8.2* pada kondisi sebelum perkuatan, dapat dilihat pada Gambar 6 – Gambar 8 sebagai berikut.



Gambar 6. Deformed Mesh Lereng Pada Kondisi Sebelum Perkuatan



Gambar 7. Bidang Gelincir Lereng (Shading) Pada Kondisi Sebelum Perkuatan

Berdasarkan hasil analisis, nilai faktor keamanan yang dihasilkan adalah sebesar 1,19. Berdasarkan Tabel 1 mengenai nilai faktor keamanan lereng menunjukkan bahwa lereng dalam keadaan kritis atau mengalami longsor. Hal ini telah terbukti bahwasanya lereng sudah mengalami longsor di sepanjang struktur perkerasan lentur arah melintang lereng. Tanah longsor terjadi dikarenakan tidak adanya perkuatan pada lereng sehingga lereng tidak sanggup dalam menahan beban yang bekerja.

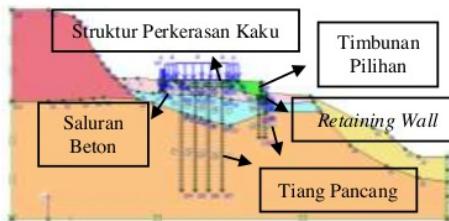
Pada Gambar 7 menunjukkan bahwa bidang gelincir lereng terletak pada perbatasan antara tanah lunak dengan tanah keras yaitu pada tanah lapis 2 dan tanah lapis 3.

Tanah longsor terjadi pada daerah tersebut disebabkan karena lapisan tanah lunak berada di atas lapisan tanah keras.

Ketidakmampuan tanah lunak menahan beban maksimum yang terjadi sehingga mudah mengalami keruntuhan, sedangkan untuk tanah keras tidak mengalami keruntuhan.

Kedalaman bidang gelincir yang dihasilkan dari Program *Plaxis V.8.2* sebesar 9 m dan panjang bidang gelincir sebesar 30 m. Bidang gelincir tersebut dikategorikan sebagai bidang gelincir dalam (5 meter – 20 meter).

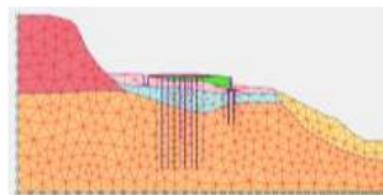
4.2 Kondisi Setelah Perkuatan



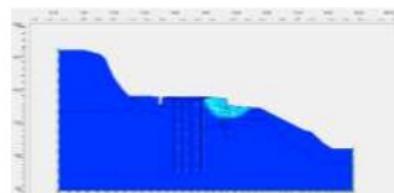
Gambar 9. Geometri Lereng Kondisi Setelah Perkuatan

Pada Gambar 9 merupakan geometri lereng kondisi setelah diberi perkuatan berupa tiang pancang pada jalan rigid dan tiang pancang pada dinding penahan tanah. Perkuatan tiang pancang pada jalan rigid dipancang hingga kedalaman 22 m dan tiang pancang pada dinding penahan tanah dipancang hingga kedalaman 8 m.

Hasil *running* program *Plaxis V.8.2* pada kondisi setelah perkuatan, dapat dilihat pada Gambar 10 – Gambar 12 sebagai berikut.



Gambar 10. Deformed Mesh Lereng Pada Kondisi Setelah Perkuatan



Gambar 11. Bidang Gelincir Lereng (Shading) Pada Kondisi Setelah Perkuatan

Berdasarkan hasil analisis, nilai faktor keamanan yang dihasilkan adalah sebesar 1,48. Berdasarkan Tabel 1 mengenai nilai faktor keamanan lereng menunjukkan bahwa lereng dalam keadaan stabil.

Pada Gambar 11 menunjukkan bahwa bidang gelincir kondisi setelah perkuatan berbeda dengan bidang gelincir sebelum perkuatan. Hal ini dikarenakan perkuatan tiang dapat memotong bidang kelongsoran lereng dan mengikatkan keruntuhan lereng berpindah ke titik yang kritis. Meskipun titik kritis berpindah ke area dinding penahan tanah, tidak berarti daerah tersebut mengalami kelongsoran, hal ini dibuktikan dengan nilai faktor keamanan yang menunjukkan bahwa lereng dalam keadaan stabil.

Kedalaman bidang gelincir yang dihasilkan sebesar 7 m dan panjang bidang gelincir sebesar 17 meter, bidang gelincir ini dikategorikan sebagai bidang gelincir dalam (5 meter – 20 meter).

8

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penelitian ini, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemodelan lereng yang dilakukan mempunyai nilai faktor keamanan sebesar 1,19 pada kondisi sebelum perkuatan dan 1,48 pada kondisi setelah perkuatan.
2. Nilai faktor keamanan lereng setelah perkuatan menunjukkan lereng dalam keadaan stabil. Hal ini berarti perkuatan yang diberikan dapat meningkatkan kestabilan lereng. Meskipun lereng stabil, akan tetapi potensi longsor yang harus diwaspada dalam jangka waktu yang kedepan berada pada area dinding penahan tanah.
3. Bidang gelincir yang terjadi sebelum dan setelah perkuatan dikategorikan bidang gelincir dalam dengan kedalaman 5 meter – 20 meter.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Analisis mengenai deformasi lereng perlu dipertajam untuk memberikan hasil yang lebih mendetail terkait stabilitas lereng.
2. Analisis lereng tiga dimensi (3D) sebaiknya dikembangkan untuk memperoleh hasil analisis yang lebih akurat

6. DAFTAR PUSTAKA

4

- [1] Budiman, *Geologi dan Studi Kestabilan Lereng Daerah Dlingo dan Sekitarnya Kecamatan Dlingo Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta*, Universitas Pembangunan Nasional Veteran, 2011.

- [2] B. M. Das, 2008, *Advanced Soil Mechanics Third Edition*, New York: Taylor and Francis.
- [3] B. M. Das, 2010, *Principles of Foundation Engineering Seventh Edition*, Global Engineering Christopher M. short.
- [4] Dona dan Irepia Refa, *Identifikasi Bidang Gelincir Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger di Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam: Universitas Negeri Padang, 2015.
- [5] D. J. Varnes, 1978, *Slope Movement and Types of Processes in Landslides, Analysis and Control Transportation Research Board, National Academy of Sciences*, Washington D.C.
- [6] Gere dan Timoshenko, 1997, *Mekanika Bahan Jilid 1 Edisi Keempat*, Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [7] H. Atamini dan B. Moestofa, *Evaluasi Stabilitas dan Penurunan antara Timbunan Ringan Mortar Busa Dibandingkan dengan Timbunan Pilihan pada Oprit Jembatan (Studi Kasus: Fly Over Antapani, Kota Bandung)*, *Jurnal Online Institusi Teknologi Nasional*, Vol. 4, No. 1, 2018.
- [8] H. C. Hardiyatmo, 2002, *Mekanika Tanah II*, Yogyakarta: Beta Offset.
- [9] H. C. Hardiyatmo, 2003, *Teknik Fondasi I*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [10] H. C. Hardiyatmo, 2007, *Pemeliharaan Jalan Raya (Perkerasan, Drainase dan Longsoran)*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [11] J. E. Bowles, 1977, *Foundation Analysis and Design*, McGraw – Hill Companies.
- [12] J. E. Bowles, 1991, *Analisis dan Desain Pondasi*, Penerbit Erlangga.
- [13] Kimprawil, 2002, Pt T – 10 – 2002 – B, *Panduan Geoteknik 4: Desain dan Konstruksi*. Departemen Perumukiman dan Prasarana Wilayah (Kimprawil).
- [14] Manual Desain Perkerasan Jalan, 2013, *Manual desain perkerasan jalan No. 02/M/BM/2017*, Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga.
- [15] Sukirman dan Silvia, 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Bandung: Penerbit Nova Bandung.
- [16] S. S. Rao, 2010, *The Finite Element Method in Engineering Fifth Edition*, Kidlington: Elsevier.
- [17] T. W. Lambe dan R. V. Whitman, 1969, *Soil Mechanics*, Cambridge: Massachusetts Institute of Technology (MIT).
- [18] Wesley, 1997, *Mekanika Tanah untuk tanah endapan & lu*, Canada.
- [19] Z. Zulfiadi, 2011, *Analisis Kestabilan Lereng Tanah*. Bandung: Universitas Padjajaran.

19%	19%	5%	%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

- | | | |
|---|---|----|
| 1 | es.scribd.com | 2% |
| 2 | edoc.pub | 2% |
| 3 | text-id.123dok.com | 1% |
| 4 | ejurnal.itats.ac.id | 1% |
| 5 | 123dok.com | 1% |
| 6 | e-journal.uajy.ac.id | 1% |
| 7 | ar.scribd.com | 1% |
| 8 | anzdoc.com | 1% |
| 9 | journal.eng.unila.ac.id | 1% |

- | | | |
|----|---|-----|
| 10 | eprints.undip.ac.id
Internet Source | 1 % |
| 11 | www.scribd.com
Internet Source | 1 % |
| 12 | pt.scribd.com
Internet Source | 1 % |
| 13 | e-journal.upp.ac.id
Internet Source | 1 % |
| 14 | journal.uin-alauddin.ac.id
Internet Source | 1 % |
| 15 | core.ac.uk
Internet Source | 1 % |
| 16 | id.scribd.com
Internet Source | 1 % |
| 17 | media.neliti.com
Internet Source | 1 % |
| 18 | qdoc.tips
Internet Source | 1 % |
| 19 | ejurnal.itenas.ac.id
Internet Source | 1 % |
| 20 | Abusharar, S.W.. "Finite element modeling of the consolidation behavior of multi-column supported road embankment", Computers and Geotechnics, 200905 | 1 % |

Publication

Exclude quotes	On	Exclude matches	< 1%
Exclude bibliography	On		